



⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 196 49 366 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
G 01 N 33/22  
G 01 N 27/22  
G 01 N 27/06

⑯ Aktenzeichen: 196 49 366.8  
⑯ Anmeldetag: 28. 11. 96  
⑯ Offenlegungstag: 4. 6. 98

DE 196 49 366 A 1

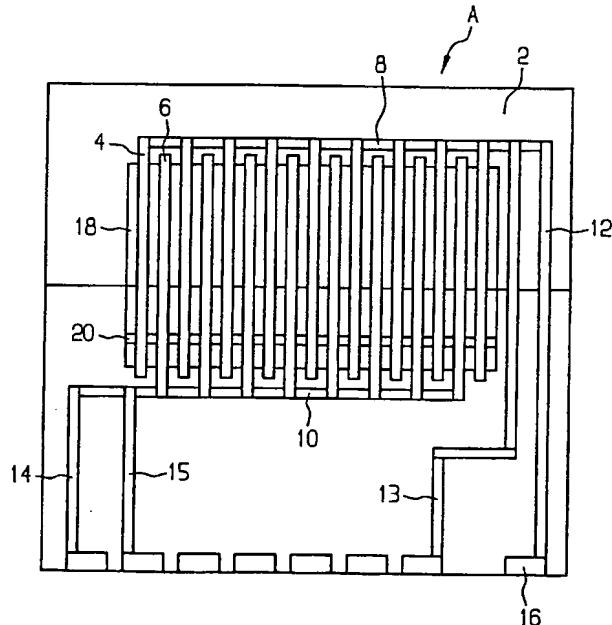
⑯ Anmelder: Siemens Automotive S.A., Toulouse, FR	⑯ Erfinder: Hofmann, Thomas, 76199 Karlsruhe, DE
⑯ Vertreter: Epping, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 82131 Gauting	⑯ Entgegenhaltungen: DE 43 18 519 A1 DE 43 08 132 A1 US 53 31 287 US 52 00 027 US 51 82 523 LIN, J. (u.a.), in: Sensors and Actuators B, 1991, Bd. 5, S. 223-226;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Mikrosensor zur Flüssigkeitsanalyse, insbesondere von Alkohol-Benzin-Gemischen

⑯ Die Erfindung betrifft einen Mikrosensor zur Flüssigkeitsanalyse, insbesondere von Alkohol/Benzin-Gemischen, der dreidimensionale interdigitale erste und zweite Mikroelektroden (4, 6) aufweist, die auf einem Substrat (IDS-Chip A) angeordnet sind. Die Interdigitalstrukturen (4, 6) des Mikrosensors sind derart unterärtzt, daß sie von der Meßflüssigkeit (F) umspült werden, wobei die ersten und zweiten Mikroelektroden (4, 6) in bezug aufeinander einen Kondensator bilden. Die Elektroden (4, 6) liegen bevorzugt lediglich auf ihren Randbereichen auf. Mit dem Sensor wird die Kapazität eines dielektrischen Flüssigkeits-/Flüssigkeitsgemisches bestimmt. Ferner kann die Leitfähigkeit bestimmt und zur Korrektur von Verunreinigungen verwendet werden. Mittels eines Temperatursensors werden Temperaturabhängigkeiten eliminiert.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Mikrosensor nach dem Oberbegriff von Anspruch 1. Ein solcher Mikrosensoren ist für die Flüssigkeitsanalyse vorgesehen und er weist dreidimensionale interdigitale Mikroelektroden auf, die auf einem Substrat, einem sogenannten IDS-Chip, angeordnet sind.

Es sind insbesondere für den Einsatz in den USA, wo entsprechende gesetzliche Auflagen gegeben sind, Kraftfahrzeuge entwickelt worden, die mit Alkohol und Benzin betrieben werden können. Es ist nur ein Tank vorhanden und demzufolge arbeiten die Brennkraftmaschinen vielfach nicht mit reinen Kraftstoffen der einen oder anderen Art, sondern mit Kraftstoffgemischen. Entsprechend dem jeweiligen Mischungsverhältnis von Alkohol und Benzin müssen über die Motorsteuerung Betriebsparameter der Brennkraftmaschine wie Zündwinkel etc. eingestellt werden. Es werden daher Sensoren benötigt, um dieses Mischungsverhältnis zu bestimmen.

Alkohole sind wie Benzin als Dielektrika zu betrachten, weisen jedoch anders als Benzin starke Dipolmomente auf. In dem Frequenzbereich der Orientierungspolarisation sind die Stoffe anhand ihrer Dielektrizitätszahl gut zu unterscheiden, z. B. ist die Dielektrizitätszahl von Benzin 2, von Ethanol 27. Die Messung der Leitfähigkeit bei Alkohol/Benzin-Gemischen liefert ferner eine Aussage über den Grad ioni-scher Verunreinigungen oder über den Wassergehalt des Gemisches. Ist die Konzentration von Ionen gelöster Salze und ein hierdurch verursachter Leitfähigkeitsanstieg zu vernachlässigen, kann mittels der ermittelten Leitfähigkeit der Wassergehalt kompensiert werden. Um die Temperaturabhängigkeiten der Meßgrößen zu kompensieren, muß die Temperatur ebenfalls erfaßt werden.

Bekannt ist ein Sensorsystem (US-PS 5 182 523), das aus drei Teilen besteht, einer makroskopischen Flüssigkeitsmeßzelle mit zwei Zylinderkondensatoren zur Messung der Kapazität und des Leitwerts und einem Temperatursensor zur Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit. Die Messung wird bei einer festen Frequenz ausgeführt und es wird die Frequenzverstimmung eines Oszillators durch ein Sensorelement ausgenutzt. Die sich ergebende Frequenzdifferenz wird für ein Motorsteuersignal verwendet. Bei diesem bekannten Sensorsystem machen sich unter Umständen die Abmessungen nachteilig bemerkbar.

Zur Reduzierung von Abmessungen ist es zweckmäßig, Mikrosysteme einzusetzen. Bei den hiermit verbundenen kleinen Abmessungen muß im Fall von Kondensatoren die Kapazität möglichst groß sein, d. h. es sind große Elektrodenflächen und ein kleiner Elektrodenabstand angestrebt. Dies hat zur Entwicklung verschachtelter Anordnungen, den sogenannten interdigitalen Strukturen (IDS) geführt. Interdigitale Kondensatoren als Basisbestandteile von miniaturisierten Sensoren werden auf Keramik-, Glas- oder Si/SiO<sub>2</sub>-Systemen hergestellt. Mit einem entsprechendem Überzug können sie zur Untersuchung von Flüssigkeiten und Gasen verwendet werden. Es gibt zwei- und dreidimensionale interdigitale Strukturen. Mit kleineren Strukturbreiten ergibt sich eine merkliche Kapazitätszunahme. In Lin J., Möller S., Obermeier E., "Two-dimensional and three-dimensional interdigital capacitors as basic elements for chemical sensors", Sensors and Aktuators B, 5 (1991), Seiten 223-226 ist die Ausnutzung von Oberflächen- und von Volumeneffekten für die Messung von Gaskonzentrationen bei zwei- und dreidimensionalen interdigitalen Strukturen beschrieben.

Aus der US-PS 5 200 027 ist es bekannt, Ölsensoren mit zwei Elektroden mit zweidimensionaler interdigitaler Struktur zur Prüfung des Alterungszustandes von Motoröl einzusetzen. Zur Vergrößerung der Meßgenauigkeit werden Elek-

troden mit aufgerauhter Oberfläche verwendet.

Die DE 43 18 519 A1 betrifft einen elektrochemischen Sensor mit zweidimensionalen interdigitalen Mikroelektroden, deren aktive Flächen in einem Mikrokanal angeordnet sind. Dieser Mikrokanal besteht aus einem Silizium-Chip mit anisotrop geätztem Graben, der auf dem die Mikroelektroden enthaltenden Silizium-Chip aufgeklebt ist.

Ferner ist es aus der US-PS 5 331 287 bekannt, mit in einem interdigitalen Muster auf einem isolierenden Substrat angeordneten Elektroden den Säure- und/oder Wassergehalt in nichtwässrigen Medien zu bestimmen. Die Elektroden sind bei diesem Sensor mit einem leitfähigen Polymer be-schichtet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sensoranordnung zu schaffen, die es gestattet, bei einfachem und kostengünstigen Aufbau zuverlässig Alkohol und Benzin zu messen. Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch einen Mikrosensor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Der erfundungsgemäße Mikrosensor umfaßt eine dreidimensionale interdigitale Struktur auf einem Substrat. Eine derart auf einem Chip integrierte Meßzelle ist gegenüber einer makroskopische Anordnung kleiner und leichter, ferner ist sie chargenweise herstellbar. Außerdem ist sie genauer.

Durch die Elektrodenhöhe der dreidimensionalen interdigitalen Struktur wird eine Vergrößerung der Kapazität erzielt, d. h. das Aspektverhältnis (Schichthöhe zu minimaler Strukturabstand) ist weitaus günstiger als bei entsprechenden zweidimensionalen Strukturen. Eine weitere Empfindlichkeitssteigerung ergibt sich durch das Unterätzen der Meßelektroden, die hierdurch nicht mehr mit dem Substrat verbunden sind, wodurch ein durch parasitäre Kapazitäten bewirkter Offset entfällt. Vorzugsweise liegen die Meßelektroden nur mit ihrem Rand auf, d. h. sie sind dort an einem Siliziumrahmen fixiert. Die Meßelektroden können so im sensitiven Bereich von der Meßflüssigkeit umspült werden, wodurch sich ein schnelleres Ansprechverhalten ergibt.

Durch die Porengröße des Benzinfilters beispielsweise er-gibt sich eine Abmessungsgrenze für die Elektrodenstruktur, d. h. die Elektrodenabstände sind möglichst groß zur Maximierung der Ausbeute zu wählen, während sie zur Vergrößerung der Kapazität möglichst klein sein sollen. Der Aufbau des erfundungsgemäßen Mikrosensors gestattet es, aufgrund der durch den dreidimensionalen Aufbau einschließlich Unterätzung erzielten höheren Empfindlichkeit zu größeren Strukturen (mit größeren Abständen) überzugehen, wodurch auch bei Verschmutzungen noch gute Meßergebnisse mög-lich sind.

Vorteilhaft können zwischen den einzelnen Mikrosensoren auf dem Substrat jeweils Sollbruchstellen vorgesehen werden, die ein Durchbrechen des Substrats zur Vereinzelung der Mikrosensoren gestatten. Ein Sägen ist dadurch nicht erforderlich.

Silizium-Chips werden auf Keramiksubstraten beispielsweise gelötet oder mittels einer Legierung fixiert. Durch die Erfindung ist eine Montage ohne unerwünschte Metallisierungen und hohe Temperaturen ermöglicht, indem eine Verklebung vorgesehen wird. Ein hierzu geeigneter Kleber ist ein ungefüllter chemisch beständiger Einkomponentenkleber auf Epoxid-Basis ist. Ein Prüfbericht ist in M. Dehne, "Aufbau und Charakterisierung von Flüssigkeitsmeßzellen", Arbeitsvorhaben, Institut für Mikrosensoren, -aktuatoren und -systeme, Bremen, 1995 veröffentlicht.

Zweckmäßigerweise sind auch die Verbindungsleitungen und -anschlüsse (Bond-Drähte und Bondpads) mit dem Keramikträger verklebt. Um den verschiedenen Anforderungen (kein Schrumpfen im Bereich der Drähte, das zu einem

Abreißen der Drähte führen kann, chemische Beständigkeit gegen die Meßflüssigkeit zu genügen, ist bei dem erfindungsgemäßen Mikrosensor eine zweifache Verklebung vorgesehen. Die die Anschlüsse überdeckende untere Kleberschicht ist zweckmäßigerweise ein thixotropes, unter UV-Strahlung aushärtbares Kunstharz ohne Lösungsmittel, das nicht schrumpft und eine geringe Ionenkonzentration und gute Isolationseigenschaft aufweist. Ein solches Kunstharz ist beispielsweise Vitralit 6128 VT von der Panacol-Elosol GmbH, Oberursel. Die obere Kleberschicht überdeckt das gesamte IDS-Substrat mit Ausnahme der sensiven Fläche sowie eines Sicherheitsabstandes von etwa 1 mm. Sie besteht aus einem herkömmlichen Epoxid-Kunstharz, das in Wärme (z. B. 120°C) aushärtet. Ein Beispiel eines solchen Kunstharzes ist Epoxylite 8188/C302 von der Striko Verfahrenstechnik, Wiehl.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen ISD-Chip mit dreidimensionaler interdigitaler Elektrodenstruktur gemäß der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische perspektivische Ansicht einer dreidimensionalen Elektrodenstruktur entsprechend derjenigen des IDS-Chips von Fig. 1,

Fig. 3 eine schematische Querschnittsansicht einer Elektrodenstruktur gemäß Fig. 2, die den Verlauf des elektrischen Feldes und den Flüssigkeitsbereich veranschaulicht,

Fig. 4a) bis k) Diagramme, die die Schritte zur Herstellung des IDS-Chips von Fig. 1 veranschaulichen,

Fig. 5 eine schematische Querschnittsansicht eines auf einem Trägersubstrat angebrachten IDS-Chips,

Fig. 6 ein Diagramm, das die Kapazitäten verschiedener IDS-Typen abhängig von dem Ethanol-Benzin-Mischungsverhältnis darstellt,

Fig. 7 ein Diagramm, das die Kapazität einer unterätzten IDS-Struktur abhängig von der Frequenz für verschiedene Ethanol-Benzin-Mischungsverhältnisse darstellt, und

Fig. 8 ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung für verschiedene Ethanol-Benzinmischungsverhältnisse darstellt.

Es wird zunächst der Grundaufbau eines IDS-Chips A anhand von Fig. 1 bis 3 veranschaulicht. Auf einem Substrat 2 sind Goldelektroden 4 und 6 in einer dreidimensionalen Interdigitalstruktur verschachtelt angeordnet, so daß sich stets jeweils eine Elektrode 4 und 6 gegenüberliegen und eine Kondensatoreinheit bilden. Die Elektroden 4 und 6 sind mittels Verbindungsleitungen 8 und 10 verbunden und jeweils über Anschlußleitungen 12, 13, 14, 15 mit Anschlußkontaktbereichen 16, sogenannten Bondpads verbunden. Die Anschlußleitungen 12, 14 dienen zum Einspeisen eines Stroms (beispielsweise vom Meßgerät oder von der entsprechenden Signalverarbeitung). Die Anschlußleitungen 13, 15 sind zum Abgreifen der Meßspannung vorgesehen. Mittels der jeweiligen Anschlußleitungspaare 12, 13 bzw. 14, 15 können Zuleitungseffekte und weitere Störeffekte beseitigt werden. Statt der Meßspannung kann auch ein Meßstrom bei vorgegebener Spannung vorgesehen werden.

Die Bondpads 16 sind sämtlich auf einer Seite des IDS-Chips A angeordnet und befinden sich in einem Abstand von mehr als 1 mm von der Interdigitalstruktur. Diese Anordnung ermöglicht es, den IDS-Chip A so an einem Sondenkopf zu positionieren, so daß nur die IDS-Struktur mit der Meßflüssigkeit in Kontakt steht.

Die Elektroden 4, 6 sind unterätzt, d. h. sie liegen in einem Bereich 18 bis auf Randbereiche nicht auf dem Substrat 2 auf. Zur Veranschaulichung ist bei 20 ein Steg aus Substratmaterial dargestellt, der zur Abstützung der Elektroden stehen gelassen werden kann. Die Mikroelektroden 4, 6 ha-

ben zweckmäßigerweise einen Abstand von mehr als 8 µm, so daß ein Zusammenwachsen der Elektroden bei der Herstellung des Chips sicher verhindert wird und ferner in der Meßflüssigkeit enthaltene Partikel (deren Größe von der Feinheit der eingesetzten Filter abhängig ist) sicher durch die Elektrodenkanäle durchtreten können. Die Höhe der Elektrodenstrukturen ist etwa 10 µm, so daß Partikel auch ohne einen dem Sensorsystem vorgeschalteten Filter noch durch die IDS-Struktur durchtreten können.

10 Zwischen den Elektroden 4, 6 und um diese herum baut sich ein elektrisches Feld E auf, dessen Verlauf in Fig. 3 veranschaulicht ist. Die Meßflüssigkeit F strömt zwischen den Elektroden 4, 6 und unterhalb von diesen im Bereich 20, so daß die Elektroden 4, 6 von der Meßflüssigkeit umspült werden. Auf diese Weise kann die gesamte IDS-Struktur frei von der Meßflüssigkeit durchströmt werden.

15 Im folgenden wird die Herstellung der Interdigitalstrukturen gemäß der Erfindung anhand von Fig. 4 erläutert. Die Einzelabbildungen von Fig. 4a) bis k) zeigen jeweils links eine Querschnittsansicht und rechts eine Draufsicht des entsprechenden Chips. Es wird ein Silizium-Wafer mit Bor-Dotierung (spezifischer Widerstand etwa 3 bis 5 Ωcm) verwendet, der auf beiden Seiten poliert ist und die Orientierung 100 hat (Schritt a). Der Wafer wird in einem Feuchtoxidationsschritt mit einer 1 µm dicken SiO<sub>2</sub>-Schicht versehen (Schritt b). Anschließend wird eine 140 nm dicke SiO<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Schicht abgeschieden. Diese Schichten isolieren die später gebildeten Elektroden gegen das Silizium-Substrat und dienen bei einem späteren naßchemischen Ätzschritt als Maskenmaterial, wozu sie durch einen trockenchemischen Ätzschritt strukturiert werden. In einem ersten Photolithographieschritt (Schritt c) wird eine Lackmaske PR erstellt. Dann werden die Nitrid- und Oxidschichten unter Verwendung eines fluorisierten Plasmas gemäß dem Layout des Photolacks PR geätzt und der Photolack entfernt (Schritt d).

20 Anschließend werden die Goldelektroden mit Hilfe von dickem Photolack und eines galvanischen Prozesses hergestellt (Schritte e bis h). Als erstes wird eine dünne Schicht aus 15 nm Chrom und 80 nm Gold aufgedampft. Die Chromschicht bewirkt eine bessere Haftung der Elektroden auf dem Nitrid. Dann wird Photolack PR mit einer Dicke von bis zu 30 µm in einem zweiten Photolithographieschritt aufgebracht (Schritt f). Die so gebildete Photolack-Negativform wird galvanisch mit Gold in einer Höhe bis zu 10 µm aufgefüllt und der Photolack mit Azeton entfernt (Schritt g). Nun wird die Chrom-Gold-Schicht durch Ätzen mittels eines Argonplasmas (Sputtern) entfernt, um ein Kurzschließen der Elektroden zu vermeiden (Schritt h).

25 Die Elektroden sind nach dem Schritt h noch durch das leitende Siliziumsubstrat verbunden. Das Silizium wird durch naßchemisches Ätzen entfernt (Schritte i und k). Dabei wird zunächst mittels eines HF-Bads der natürliche Oxidfilm auf dem Silizium entfernt. Die Elektroden werden nun im sensiven Bereich isotrop unterätzt. Dann wird das Silizium unter Verwendung von TMAH (Tetra-Methyl-Ammonium-Hydroxid) anisotrop geätzt, wonach die Elektroden nur noch an einem Siliziumrahmen sitzen und von der Meßflüssigkeit umspült werden können.

30 Wie obige Beschreibung zeigt, werden lediglich zwei photolithographische Schritte benötigt. Dies ist für die Fertigung in großem Maßstab, da kostengünstig, sehr wichtig.

35 Werden nur die Schritte a, b, e bis h ausgeführt, ergeben sich vollständig auf dem isolierenden Dielektrikum aufliegende Interdigitalstrukturen. Derartige Strukturen können für das Vereinzeln der Chips, insbesondere Zersägen des Wafers durch eine Photolackschicht geschützt werden, die anschließend wieder entfernt wird. Zum Schutz der unterätzten Elektrodenstrukturen gemäß der Erfindung können

einerseits Stützstege vorgesehen werden (vgl. Fig. 1) und Sollbruchstellen zwischen den einzelnen Chips im Wafer angebracht werden.

Der IDS-Chip A ist vorzugsweise auf einen Keramikträger B aufgebracht, vorzugsweise aufgeklebt. Hierzu ist im veranschaulichten Beispiel der bereits eingangs erwähnte, chemisch sehr beständige Kleber verwendet worden, der bei Raumtemperatur gelagert werden kann. Er wird mindestens zwei Stunden bei 200°C ausgehärtet und kann kurzzeitig für Lötvorgänge auf 300°C erwärmt werden. Durch das Verwenden eines Klebers zur Montage entfallen Rückseitenmetallisierungen oder durchs Löten bedingte hohe Temperaturen, die sich nachteilig auf die IDS-Struktur auswirken können.

Auf dem Keramikträger können zusätzlich ein Signalverarbeitungchip und ein IDS-Referenzchip vorgesehen sein. Die Bondpads 16 und die zugehörigen Anschlußleitungen und -drähte 22 werden mittels Vergießen gegen mechanische und chemische Einwirkungen geschützt. Zu diesem Zweck werden sie in einem ersten Schritt mit einem UV-aushärtbarem Kunsthärz 24 (z. B. Vitralit 6128VT, Panacol-Elosol GmbH, Oberursel; härtet bei UV-Bestrahlung mit etwa 1 mW pro  $\text{cm}^2$  aus) überdeckt. Beim Aushärten werden keine Lösungsmittel verdampft und es kommt zu keinem Schrumpfen. Dieses Kunsthärz hat wenig Ionen und ist gut isolierend. In einem zweiten Schritt wird das gesamte Substrat, ausgenommen die IDS-Strukturen und einen Sicherheitsbereich von mindestens 1 mm Breite, mit einer robusten, wärmeaushärtenden Epoxidharzschiicht 26 (z. B. Epoxylite 8188/C302, STRIKO Verfahrenstechnik, Wiehl) überdeckt, die 24 Stunden bei Raumtemperatur und dann zwei Stunden bei 120°C aushärtet. Die Erfindung ist nicht auf diese Materialien beschränkt. Beispielsweise kann statt der Epoxidharzschiicht eine Kunsthärzformmasse verwendet werden, wobei eine präzise Form verwendet werden muß, um den geometrischen Anforderungen zu genügen.

Fig. 6 veranschaulicht die Abhängigkeit der Kapazitäten verschiedener IDS-Typen abhängig von dem Ethanol-Benzinmischungsverhältnis. Die mittlere Kurve (Typ CCS; geschlossene Dreiecke) bezieht sich auf dreidimensionale, nicht unterätzte, aufliegende IDS-Strukturen mit Elektrodenabständen von 20  $\mu\text{m}$  und Elektrodenbreiten von 34  $\mu\text{m}$ . Durch parasitäre Kapazitäten ergibt sich ein Offset von 40,9 pF. Die obere Kurve (Typ M) mit geschlossenen Rauten als Symbolen bezieht sich ebenfalls auf dreidimensionale, nicht unterätzte, aufliegende IDS-Strukturen mit Elektrodenabständen und -breiten von 8  $\mu\text{m}$  und zeigt einen verbesserten dynamischen Meßbereich. Die parasitäre Kapazität ist 40,1 pF. Die untere Kurve mit offenen Rauten betrifft dreidimensionale IDS-Strukturen gemäß der Erfindung (Typ L), bei denen der Abstand und die Breite der unterätzten Elektroden jeweils 12  $\mu\text{m}$  waren. Wie ein Vergleich der drei Kurven zeigt, ist bei der erfindungsgemäßen IDS-Struktur die parasitäre Kapazität mit 10,0 pF weitaus kleiner als bei den bekannten dreidimensionalen, nicht unterätzten Strukturen. Trotz vergrößerter Abmessungen ist der dynamische Bereich mit 94 pF immer noch groß. Ändert sich der Ethanolanteil des Gemisches von 70 auf 90%, ändert sich die Kapazität von 81 auf 103 pF. Bei einer Meßgenauigkeit von  $\pm 0,5$  pF entspricht eine Genauigkeit einer Gemischänderung von  $\pm 0,45$  Vol.-% (Volumenprozent) Ethanol.

In Fig. 7 ist ein Diagramm gezeigt, das die Kapazität einer unterätzten IDS-Struktur abhängig von der Frequenz für verschiedene Ethanol-Benzinmischungsverhältnisse darstellt. Für Frequenzen im Bereich von 100 Hz bis 5 kHz kann Dispersion festgestellt werden, wodurch sich eine Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätszahl ergibt. Oberhalb von 10 kHz bis 1 MHz wurden keine Dispersionseffekte

festgestellt. Bei einem makroskopischen Plattenkondensator hingegen (8 cm  $\times$  8 cm, 3,2 mm Plattenabstand) ist für niedrige Frequenzen kein Ansteigen der Kapazität zu beobachten. In die Meßgröße geht somit auch das elektrische Feld aufgrund der Verkleinerung der Elektrodenabstände ein.

Stabile Kapazitätswerte werden somit bei Frequenzen größer als 10 kHz und in einem Spannungsbereich von 5 V und 20 V erreicht, ebenso im Bereich von 20 Hz bis 1 MHz sowie 5 mV und 1 V. Als zweckmäßig erweist sich der Frequenzbereich zwischen der Grenzfrequenz der Elektrodenpolarisation, was für Ethanol-Benzingemische dem Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 1 GHz entspricht. Aufgrund von Leitfähigkeitszunahmen und Dissoziationseffekten ist die Meßspannung im Bereich von 10 mV und 1 V zu wählen.

Es kann somit unter Verwendung einer erfindungsgemäßen IDS-Struktur einerseits im stabilen Bereich, d. h. oberhalb einer Frequenz von 10 kHz gemessen werden und anhand einer entsprechend definierten, im wesentlichen linearen Kennlinie mittels der Kapazität C (vgl. Fig. 6) das Mischungsverhältnis von Ethanol und Benzin bestimmt und zur Steuerung der Brennkraftmaschine verwendet werden.

Zur Berücksichtigung von Verunreinigungen, beispielsweise eines Wasseranteils, und weiterer Querabhängigkeiten kann mittels einer weiteren IDS-Struktur oder an derselben Struktur in zeitlicher Aufeinanderfolge in bekannter Weise die Leitfähigkeit bestimmt werden und anhand der Leitfähigkeitswerte eine Korrekturberechnung durchgeführt werden oder Werte aus einer gespeicherten Korrekturtabelle verwendet werden.

Entsprechend den unterschiedlichen Kapazitäten für unterschiedliche Mischungsverhältnisse (vgl. Fig. 7) zeigen sich auch bei einer Aufprägung eines periodischen Rechtecksignals unterschiedliche Spannungsverläufe mit einer Reihenfolge entsprechend dem Ethanolgehalt. D.h. mit steigendem Ethanolgehalt nimmt die Dielektrizitätszahl des Gemisches und damit die Kapazität zu. Entsprechend wird ein längeres Zeitintervall benötigt, um den Kondensator auf die Spannung  $U_0$  aufzuladen, wie Fig. 8 veranschaulicht, wo dieser Spannungswert lediglich für reines Ethanol auf der Abszisse markiert ist. Auch dieses Zeitintervall könnte zur Auswertung verwendet werden. Ferner kann auch eine Messung bei mehreren Frequenzen zur Berücksichtigung der verschiedenen Effekte durchgeführt werden.

Vorstehende Ausführungen betrafen speziell Ethanol-Benzingemische. Selbstverständlich sind sie auf andere Alkohole und auf andere Gemische von Dielektrika überhaupt anwendbar. Der erfindungsgemäße Mikrosensor kann beispielsweise zur Bestimmung des Alterungszustandes von Motoröl, des Kühlflüssigkeitsgemisches (beispielsweise Glykol und Wasser), zur Batteriekontrolle, zur Bestimmung des spezifischen Widerstandes von Wasser zur Untersuchung von Ionenanteilen, zur Abwasserbestimmung, für Dosiersysteme zur Wasserhärtebestimmung, zur Bestimmung von Sauerstoff- und Insulinpegeln in Blut, zur Bestimmung des Alkoholgehalts, Salzanteile etc. eingesetzt werden. Selbstredend muß der Sensor dazu den jeweiligen Meß- und Kontaktmedien und Umgebungen angepaßt sowie verkleidet und gegebenenfalls isoliert werden.

#### Bezugszeichenliste

- 2 Substrat
- 4 Elektroden
- 6 Elektroden
- 8 Verbindungsleitung
- 10 Verbindungsleitung
- 12 Anschlußleitung

<b>14</b> Anschlußleitung	
<b>16</b> Anschlußkontaktbereich (Bondpad)	
<b>18</b> Bereich	
<b>20</b> Steg	
<b>22</b> Anschlußleitung	5
<b>24</b> Kunstharz	
<b>26</b> Kunstharz	
A IDS-Chip	
B Keramikträger	
F Meßflüssigkeit	10

## Patentansprüche

1. Mikrosensor zur Flüssigkeitsanalyse, insbesondere von Alkohol-Benzin-Gemischen, mit dreidimensionalen interdigitalen ersten und zweiten Mikroelektroden (4, 6), die auf einem Substrat (IDS-Chip A) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Interdigitalstrukturen (4, 6) derart unterteilt sind, daß sie von der Meßflüssigkeit (F) umspült werden, wobei die ersten 15 und zweiten Mikroelektroden (4, 6) in bezug aufeinander einen Kondensator bilden.
2. Mikrosensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (4, 6) auf ihren Randbereichen aufliegen.
3. Mikrosensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden in den Randbereichen auf einem Substrat-Rahmen aufliegen.
4. Mikrosensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (4, 6) zwischen den Randbereichen durch Substrat-Steg (20) abgestützt sind.
5. Mikrosensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (4, 6) aus Gold sind.
6. Mikrosensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenbreite und/oder der Elektrodenabstand 8 bis 10 µm ist und/oder die Elektrodenhöhe 10 µm beträgt.
7. Mikrosensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Elektroden (4, 6) aufeinanderfolgend zur Messung der Kapazität und der Leitfähigkeit vorgesehen sind.
8. Mikrosensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Temperatursensor auf einem IDS-Chip angeordnet ist.
9. Mikroprozessor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein IDS-Chip (A) auf einen Keramikträger (B) aufgeklebt ist.
10. Mikrosensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußleitungen und/oder -flächen (22, 16) von zwei Schutzschichten (24, 26) überdeckt sind, wobei die untere Schutzschicht (24) aus einem UV-aushärtbaren Kunstharz und die obere Schutzschicht (26) aus einem wärmeaushärtbaren Kunstharz besteht.
11. Mikrosensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das UV-aushärtbare Kunstharz (24) thixotrop ist.

FIG 1

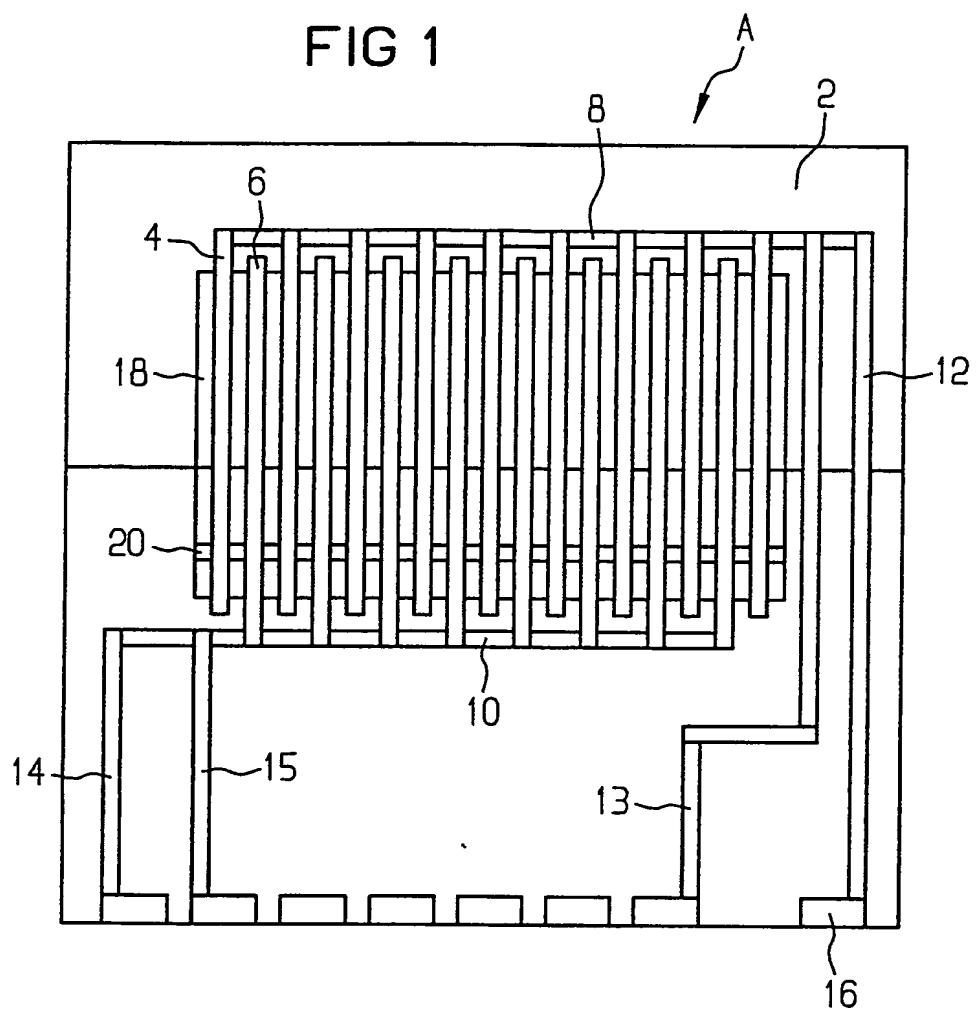


FIG 2

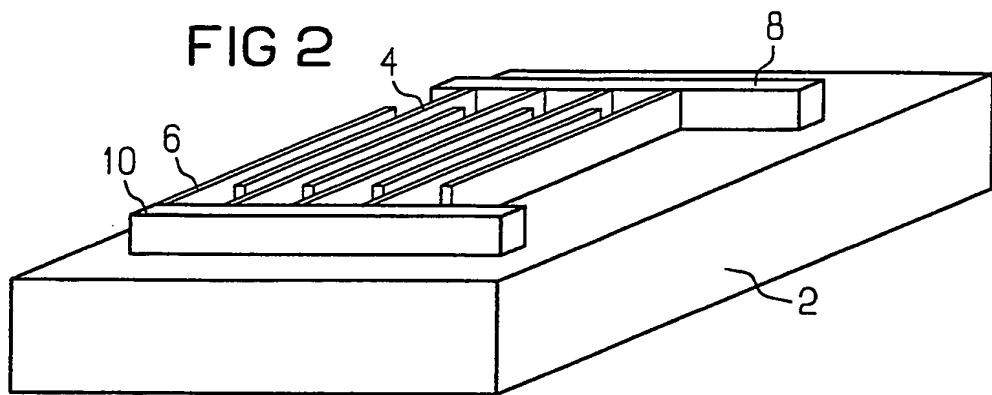


FIG 3

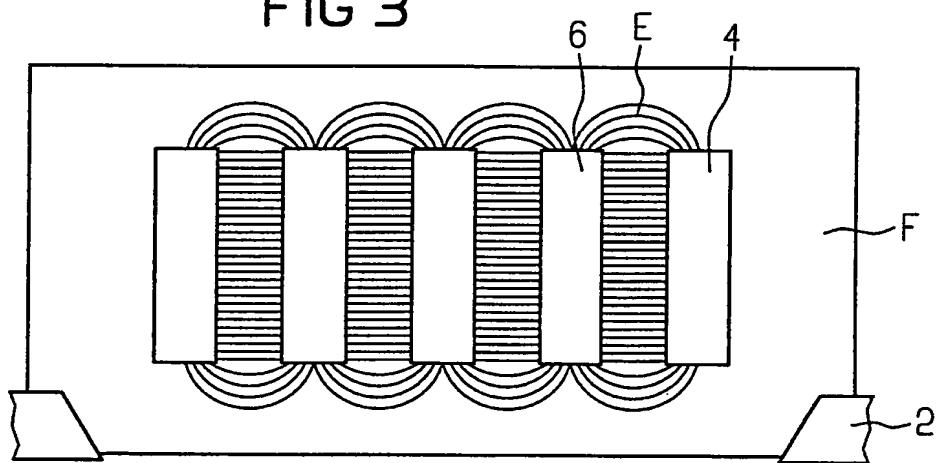


FIG 4 A

Si

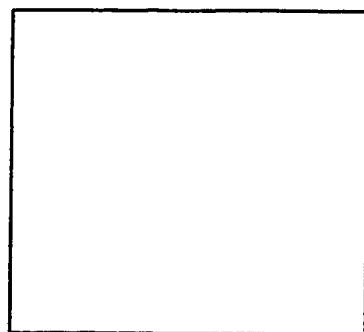
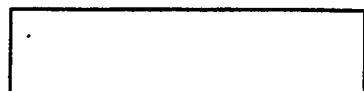


FIG 4 B

SiO<sub>2</sub>

Si

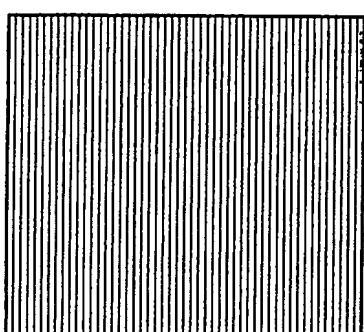
SiO<sub>2</sub>

FIG 4 C

PR

SiO<sub>2</sub>

Si

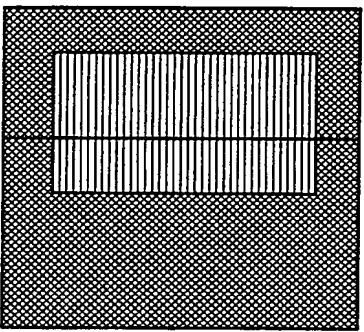
SiO<sub>2</sub>

FIG 4 D

SiO<sub>2</sub>

Si

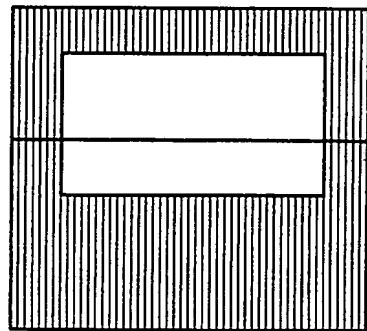
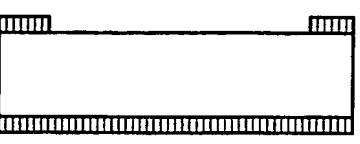
SiO<sub>2</sub>

FIG 4E

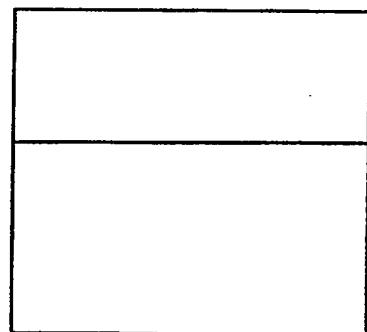
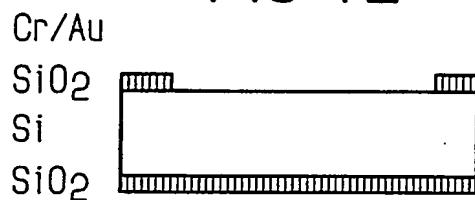


FIG 4F

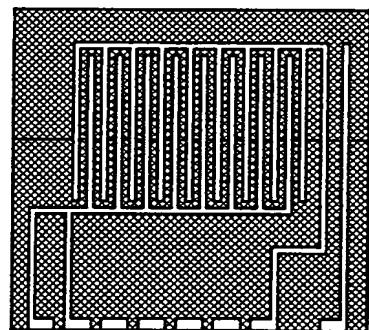
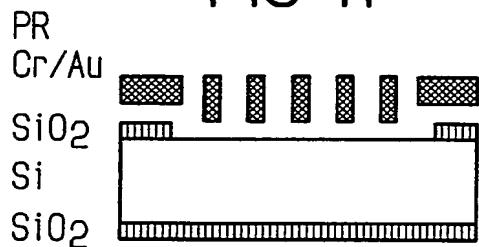


FIG 4G

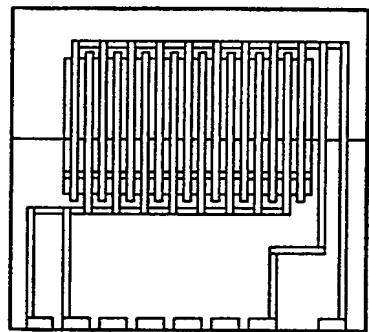
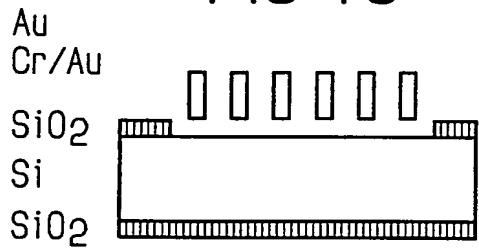


FIG 4H

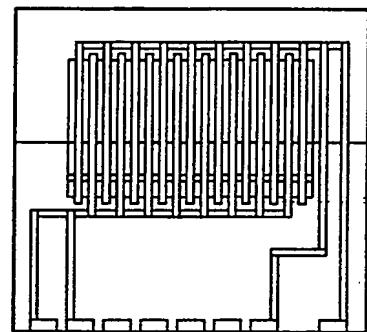
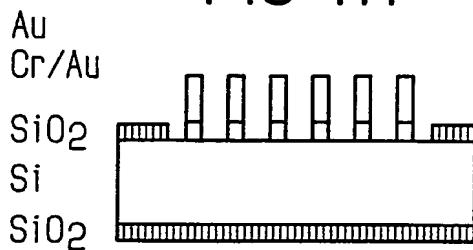


FIG 4 I

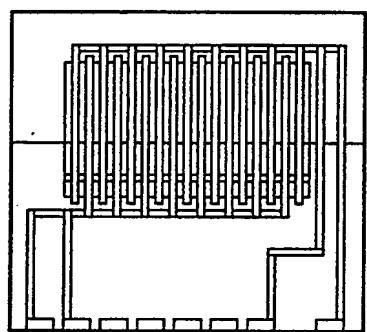
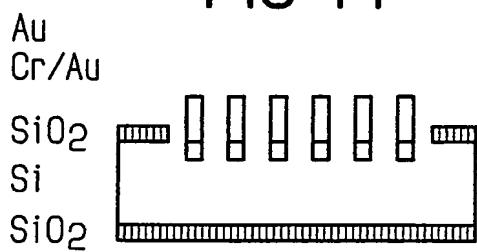


FIG 4 K

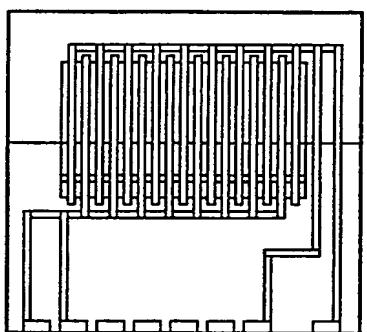
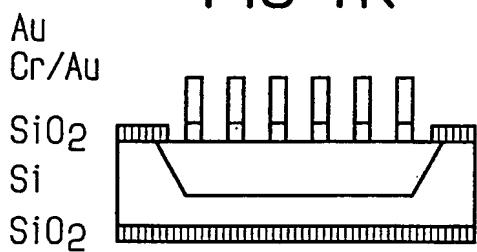


FIG 5

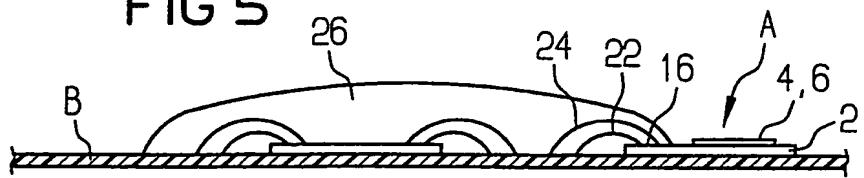


FIG 6

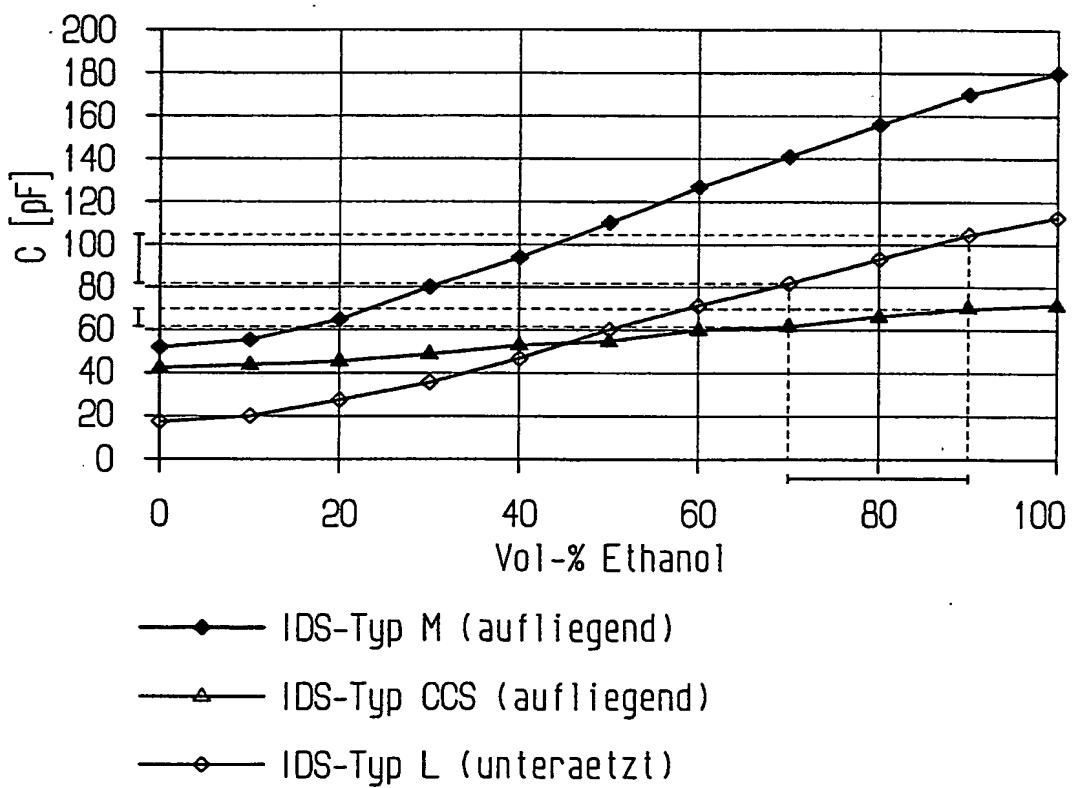


FIG 7

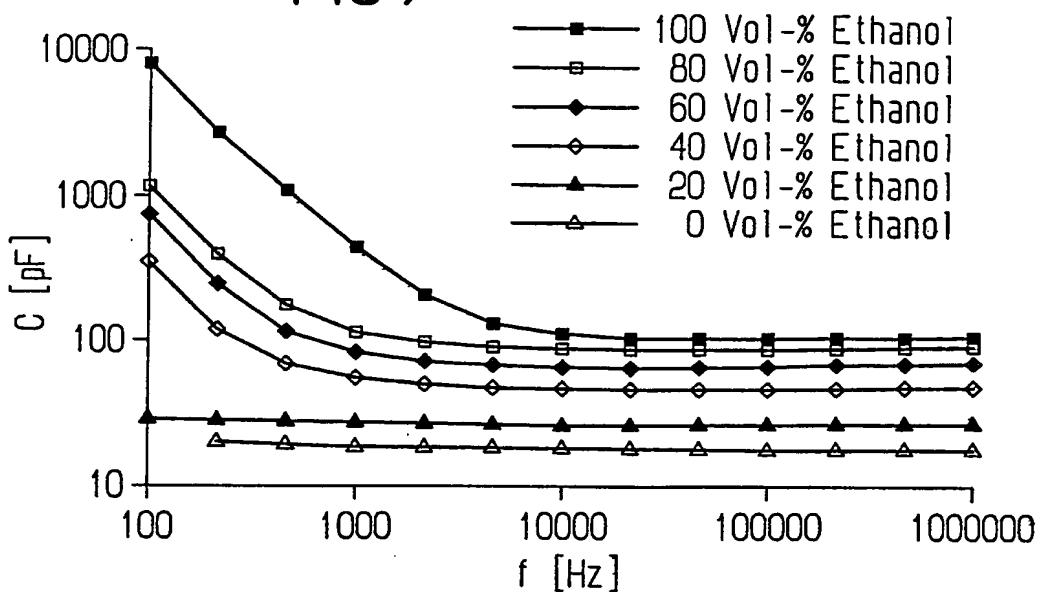


FIG 8

